

AALTO-YLIOPISTON KAUPPAKORKEAKOULU

Taloustieteen laitos

Kesä 2017

Systeeminen riski - kriisin tarttuminen pankkien välisten markkinoiden kautta pankkijärjestelmässä

Taloustieteen kandidaatintutkielma 15.9.2017

Kirjoittaja: Antti Kiiski

Opponentti: Katariina Helin

Ohjaaja: Pekka Ilmakunnas

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	3
2. Bhattacharya-Gale -malli.....	4
2.1. Likviditeetin tasaus ja riskin pienentäminen	4
2.2. Likviditeetin liikuttaminen ja koron muodostuminen	5
3. Kriisin tarttuminen pankkien välisten markkinoiden kautta.....	6
4. Allen-Gale -malli.....	6
4.1. Mallin alkuasetelma ja oletukset	7
4.2. Erilaiset markkinarakenteet	8
4.2.1. Täydellinen markkinarakenne	8
4.2.2. Epätäydellinen markkinarakenne.....	9
4.2.3. Katkaistu epätäydellinen markkinarakenne.....	11
4.3. Määritelmät.....	11
4.3.1. Pankin tilanteen luokittelu	11
4.3.2. Likvidointijärjestys ja likvidointiarvo	12
4.3.3. Puskurit.....	12
4.4. Rakenteiden vakaus	12
4.4.1. Epätäydellisen markkinarakenteen vakaus	13
4.4.2. Täydellisen markkinarakenteen vakaus	14
5. Freixas-Parigi-Rochet -malli	15
5.1. Mallin alkuasetelma ja oletukset	15
5.2. Tallettajien liikkuminen.....	16
5.3. Tasapainojen muodostuminen	17
5.4. Rakenteiden vakaus.....	18
6. Yhteenveto.....	19
Lähteet	21

1. Johdanto

Modernille markkinataloudelle on ominaista kriisit, jotka ovat peräisin systeemisestä riskistä. Systeemiseen riskiin on perinteisesti määritelty kaikki ne riskit, jotka voivat vaikuttaa koko rahoitusjärjestelmään synnyttäen systeemisen kriisin (De Bandt & Hartmann 2002, 11). Allen ja Carletti (2013, 121) näkevät tämän määrittelyn kuitenkin puutteellisena. Heidän mukaansa systeeminen riski voidaan jakaa neljään erilaiseen ryhmään. Ne ovat *pankkipaniikki*, *varallisuushintojen laskusta aiheutuva pankkikriisi*, *kriisin tarttuminen ja valuuttojen kohtaanto-ongelmat pankkijärjestelmässä*.

Systeeminen riski on aiheena todella laaja, sillä se voi toteutua edellä mainituilla tavoilla tai erilaisten tapojen yhdistelmänä. Aiheen laajuuden vuoksi tässä tutkielmassa keskitytään vain siihen systeemiseen riskiin, joka on peräisin kriisin tarttumisesta. Tarttuminen tarkoittaa yhden pankin ongelmien tarttumista muihin pankkeihin, mistä seuraa systeeminen kriisi. Tässä kandidaatintutkielmassa pyritään mallintamaan kriisin tarttumista pankkien välisten markkinoiden kautta pankkijärjestelmässä. Muut systemaattisen riskin aiheuttajat jätetään tutkielman ulkopuolelle, vaikka ne voivat olla tärkeitä systeemisen riskin kokonaisvaltaisen ymmärtämisen kannalta.

Tämä tutkielma on puhtaasti kirjallisuuskatsaus mikrotaloustieteen muutamaa keskeisimpään tutkimukseen, jotka käsittelevät kriisin tarttumista. Tärkeimpien tutkimusten ydinhavainnot pyritään esittämään tiiviisti, joten esimerkiksi kaikkia tutkimusten todistuksia ei käydä läpi. Matematiikkaa käytetään apuna vain niin paljon kuin on tarpeellista aiheen ydinasioiden ymmärtämisen kannalta. Poliittikkasuositukset, käytännön sovellukset, historialliset yhtymäkohdat sekä ekonometriset tutkimukset eivät ole tutkielman keskiössä.

Erityistä huomiota tutkielmassa kiinnitetään pankkien välisen markkinarakenteen vaikutuksesta kriisien syntyyn ja tarttumiseen. Tämän lisäksi pankkien väliset talletukset ja lainaukset edustavat merkittävää osaa pankkien taseista, joten on tärkeää selvittää, miten niiden suuruus vaikuttaa järjestelmän vakauteen.

Aihe on tärkeä, sillä tartunta oli yksi niistä tekijöistä, joka johti finanssikriisin syntymiseen vuonna 2007. Kriisi tarttui toisiin pankkeihin muun muassa pankkien välisen markkinan kautta. Finanssikriisin seurauksena maailmankauppa romahti ja bruttokansantuotteet vajosivat dramaattisesti monessa maassa. Vaikutukset reaalityöelämään ympäri maailman korostavat aiheen tärkeyttä. (Allen & Carletti 2013, 125)

Tärkeydestä huolimatta aihe on melko uusi ja kapea, eikä sitä ole vielä tutkittu kunnolla. Ensimmäiset teorit tarttumisesta julkaistiin 2000-luvun alussa ja niitä käsitellään myös tässä tutkielmassa. Teoreettisia malleja on rajallisesti, joten niihin perehtyminen on tärkeää tulevien tutkimusten kannalta.

Tässä tutkielmassa tallettaja ja kuluttaja ovat usein synonyymejä keskenään samoin, kuin hyödyke ja raha. Tutkielmassa käsiteltävien mallien pohjana on *Diamond-Dybvig -malli* (Diamond & Dybvig 1983). Se kertoo, mitä hyötyä pankeista on ja miten talletuspaot syntyvät. Tutkielman laajuuden rajallisuuden takia sitä ei käsitellä tässä tutkielmassa, vaan lukijan oletetaan tuntevan se

entuudestaan. Malli ei myöskään suoraan liity kriisin tарттumiseen pankkijärjestelmässä pankkien välisten markkinoiden kautta, joten se ei ole tutkielman keskiössä.

Tutkielman rakenne on seuraavanlainen. Aluksi tutkitaan *Bhattacharya-Gale -mallia*, joka on variaatio Diamond-Dybvig -mallista. Malli auttaa ymmärtämään, miksi pankkien välinen markkina parantaa pankkijärjestelmän toimivuutta. Tämän jälkeen perehdytään kriisin syntymiseen ja tарттumiseen pankkijärjestelmässä pankkien välisten markkinoiden kautta. Tutkielman ytimen muodostavat kaksi mallia: *Allen-Gale -malli* ja *Freixas-Parigi-Rochet -malli*. Ne muistuttavat paljon toisiaan, mutta niissä on monta eroa esimerkiksi lähtöasetelmien suhteen.

2. Bhattacharya-Gale -malli

Bhattacharyan ja Galen (1987) luoma malli pyrkii kuvaamaan, kuinka pankkien välisen markkinan avulla saadaan laskettua sitä osaa pankin tallettajille koituvasta riskistä, joka johtuu pankin omasta likviditeettiriskistä. Se muistuttaa Diamond-Dybvig -mallia, mutta siinä sijoitusten likvidointi on mahdotonta, eikä hyödykkeitä voida varastoida. Mallissa ei ole toimijoina sijoittajat eli tallettajat toisin kuin Diamond-Dybvig -mallissa, vaan niiden tilalla on pankkeja, jotka tekevät strategiset valinnat. Tässä luvussa esitetty mallin kuvaus perustuu Freixasin ja Rochetin (2008, 233-234) tekemään tiivistelmään mallista.

2.1. Likviditeetin tasaus ja riskin pienentäminen

Mallissa on kaksi periodia (1. ja 2. periodi) ja todella monta pankkia, jotka kohtaavat toisistaan riippumattomia ja identtisesti jakautuneita likviditeetti shokkeja. Shokki tarkoittaa, että tietyssä pankissa osalle tallettajista tulee 1. periodilla yllättävä tarve nostaa talletuksensa pois pankista. Shokin kokoa mitataan osuudella π , joka kertoo ensimmäisellä periodilla rahansa pois nostavien tallettajien määrän suhteessa kaikkiin tallettajiin kyseisessä pankissa. Osuus voi olla suuri π_S todennäköisyydellä p_S tai pieni π_P todennäköisyydellä p_P ($\pi_S > \pi_P$). Koska pankkeja on todella monta, niin p_S on myös osuus kaikista pankeista, joista osuuden π_S verran kaikista pankin tallettajista veti rahansa aikaisin pois (ja toisin päin).

Pankin likviditeettiä rajoittaa sen ex ante -valinta investoidusta määrästä I , joten pankki voi tarjota vain kiinteitä talletussopimuksia, eli lupauksia maksaa tietty määrä rahaa tallettajille takaisin

$$C_1(\Pi) = \frac{1-I}{\pi}, \quad C_2(\Pi) = \frac{IR}{1-\pi},$$

joissa π voi olla π_P tai π_S . Tallettajat joutuvat kantamaan pankkinsa likviditeettiriskiä. Tämä riski voidaan kuitenkin poistaa avaamalla pankkien välille markkinat, joissa pankit voivat tasata saamiaan talletuksia optimaaliseksi ratkaisemalla yhtälöparin

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{I, C_1^k, C_2^k} \sum_{k=P, S} p_k [\pi_k u(C_1^k) + (1 - \pi_k) u(C_2^k)] \\ \sum_{k=P, S} p_k \pi_k C_1^k = 1 - I \\ \sum_{k=P, S} p_k (1 - \pi_k) C_2^k = RI \end{array} \right.$$

jossa (C_1^k, C_2^k) on k tyyppisen ($k = P, S$) pankin tarjoama talletussopimus. Ratkaisu on

$$C_1^k \equiv C_1^* = \frac{1-I^*}{\pi_a}, \quad C_2^k \equiv C_2^* = \frac{RI^*}{1-\pi_a}, \quad (k = L, H), \quad (1.1)$$

jossa $\pi_a = p_P \pi_P + p_S \pi_S$ on kaikista pankeista laskettu aikaisin talletuksensa nostajien keskimääräinen osuus. Tallettajat ovat nyt täysin suojattuja pankkinsa likviditeettiriskiltä, koska C_1^* ja C_2^* ei riipu likviditeettishokin koosta ($k = P, S$). Yllä olevista yhtälöistä huomataan myös, että kun on olemassa pankkien väliset markkinat, niin kaikki pankit investoivat saman verran 1. periodilla, sillä he voivat myöhemmin tasata talletuksia.

2.2. Likviditeetin liikuttaminen ja koron muodostuminen

Edellä esitetty Bhattacharya-Gale -malli osoitti, miksi pankkien väliset markkinat ovat olemassa. Seuraavaksi pohditaan tarkemmin, mitä pankkien välisellä markkinalla tapahtuu ja miten siellä muodostuva korko syntyy.

Pienen likviditeettishokin $k = P$ kohdanneet pankit joutuvat antamaan vähemmän talletuksia pois 1. periodilla verrattuna keskimääräiseen pankkiin. Siksi heillä on 1. periodilla ylimääräistä likviditeettiä,

$$M_P = 1 - I^* - \pi_P C_1^*. \quad (1.2)$$

Toisaalta suuren likviditeettishokin $k = S$ kohdanneilla pankeilla on tarvetta lisälikviditeetille

$$M_S = \pi_S C_1^* - (1 - I^*). \quad (1.3)$$

Yhtälöistä (1.1) nähtiin, että investoimalla optimaalinen määrä I^* kaikki pankit voivat maksaa asiakkaidensa haluamat talletukset molemmilla periodeilla kokonaan. Tämä tarkoittaa, että likviditeetin kysyntä ja tarjonta kohtaavat täydellisesti pankkien välisillä markkinoilla

$$p_P M_P = p_S M_S.$$

Suuren likviditeettishokin $k = S$ kohdanneilla pankeilla on liikaa likviditeettiä periodilla 2, sillä moni tallettaja nosti rahansa pois jo 1. periodilla, jolloin pankit joutuivat ottamaan lainaa muilta pankeilta. Lainaa ottaneet pankit käyttävät ylimääräiset likviditeetit lainojen maksuun 2. periodilla. Pankkien väliseltä markkinalta otetun lainan korko on r , jolloin takaisin maksettava määrä on

$$(1 + r) M_S,$$

jossa M_S on 1. periodilla otetun lainan suuruus. Takaisin maksettavan määrän pitää vastata ylimääräisiä likvidejä varoja periodilla 2, jolloin saadaan yhtäsuuruus

$$(1 + r)M_S = RI^* - (1 - \pi_S)C_2^*.$$

Sijoittamalla siihen yhtälöt (1.3) ja (1.1), saadaan yhtälöä muokkaamalla pankkien välisillä markkinoilla lainatun rahan koron yhtälö

$$1 + r = \left(\frac{\pi_a}{1 - \pi_a} \right) \left(\frac{I^*}{1 - I^*} \right) R.$$

3. Kriisin tarttuminen pankkien välisten markkinoiden kautta

Edellisessä luvussa käytiin läpi, miksi pankkien välinen markkina on tärkeä olla olemassa. Siellä pankit voivat tasata likviditeettiään, jolloin epäsystemaattisten likviditeettishokkien aiheuttama riski voidaan poistaa. Tallettajien ei tarvitse silloin kantaa pankkinsa likviditeettiriskiä.

Pankkien välille muodostuu silloin myös yhteys, joka tekee pankkijärjestelmästä epävakaa. Tämän yhteyden kautta yhtä pankkia kohdannut shokki voi tarttua koko pankkijärjestelmän laajuiseksi kriisiksi.

Tartumisprosessia on tutkittu vasta hetken aikaa ja toistaiseksi varsin pintapuolisesti. Allen, Babus ja Carletti (2009) selvittivät artikkelissaan, mitä erilaisia tutkimuksia tartunnan mallintamisesta oli siihen mennessä julkaistu. Myös tämän jälkeen muutamat tutkijat, kuten Wagner (2010), Ibragimov, Jaffee ja Walden (2011) sekä Allen, Babus ja Carletti (2012), ovat julkaisseet tutkimuksia tartunnasta.

Myös teorian soveltamista käytäntöön on hieman tehty ekonometrisen tutkimuksen muodossa. Esimerkiksi Kiinan pankkien välisellä markkinalla olevan tartunnan riskiä on testattu simulaatiolla (Chi, Yang, Gang-Jin & Yan 2016). Testi perustuu teoreettisen matematiikan ja fysiikan puolella kehitettyyn verkostoteoriaan.

Kaksi keskeisintä mallia ovat Allen-Gale -malli ja Freixas-Parigi-Rochet -malli. Molemmat on julkaistu 2000-luvulla, ja ne edustavat ensimmäisiä tutkimuksia juuri tässä yhteydessä. Molempien ryhmien tutkimusten tavoite on selittää, miten tartunta tapahtuu. Tutkimuksissa on paljon samaa niin lähtökohtien kuin päätelmien suhteen. Molemmat käyttävät Diamond-Dybvig -mallin runkoa, mutta kriisin syntymekanismi on tutkimuksissa erilainen. Molemmat mallit päätyvät kuitenkin samanlaisiin päätelmiin.

4. Allen-Gale -malli

Allen-Gale -malli kuvaa sitä, kuinka alueiden satunnaiset likviditeettipreferenssit luovat tarpeen riskien jakamiselle alueiden välillä. Mallin lähtökohtana ovat Diamondin ja Dybvigin tutkimus (1983) sekä Allenin ja Galen tutkimus (1998). Myös aiemmin käsitelty Bhattacharya-Gale -malli

muistuttaa tätä mallia. Malli on peräisin tutkimuksesta, jonka ovat tehneet Allen ja Gale (2000). Tämän luvun esitys perustuu heidän tutkimukseensa.

4.1. Mallin alkuasetelma ja oletukset

Mallissa on kolme päivää $t = 0, 1, 2$. On olemassa yksi hyödyke, jonka arvo on 1. Tämä hyödyke voidaan myös sijoittaa, jolloin sen voi kuluttaa vasta tulevaisuudessa. Hyödyke voidaan sijoittaa kahteen erilaiseen omaisuuslajiin: likvidiin kohteeseen tai epälikvidiin kohteeseen. Likvidi kohde voidaan mieltää varastoksi, joka on *lyhytaikainen sijoitus*. Yksi siihen ajan hetkellä t sijoitettu hyödyke tuottaa yhden kulutettavan hyödykkeen ajan hetkellä $t + 1$. Epälikvidi kohde puolestaan tuottaa enemmän, mutta sen maturiteetti on pidempi. Siksi sitä voidaan kutsua *pitkäaikaiseksi sijoitukseksi*. Ajan hetkellä $t = 0$ sijoitettu yksi hyödyke tuottaa $R > 1$ kahden periodin aikana, mutta mikäli se likvidoidaan jo ajan hetkellä $t = 1$, se tuottaa vain $0 < r < 1$. Sijoitus ei ole täysin epälikvidi, mutta sen likvidointi on kallista, eli siitä saatavaa tuottoa voidaan ajatella esimerkiksi romutushintana.

Talous on jaettu neljään ex ante-identtiseen *alueeseen (region)*, joita merkitään kirjaimin A, B, C ja D. Alueellinen rakenne on metafora, jota voidaan tulkita eri tavoin. Tärkein erottava tekijä on se, että erilaiset alueet kohtaavat erilaisia likviditeettishokkeja. Alue voi koostua esimerkiksi yhdestä pankista, monesta pankista yhden maan jollakin maantieteellisellä alueella, kaikista pankeista yhdessä maassa tai vaikka pankkisektorista, joka on keskittynyt vain tiettyyn toimintaan pankkialalla.

Jokainen alue sisältää ex ante-identtisiä kuluttajia. Jokaisella kuluttajalla on ajan hetkellä $t = 0$ yksi yksikkö hyödykettä. Kuluttajat ovat todennäköisyydellä w aikaisin kuluttavia, jolloin he kuluttavat ajan hetkellä $t = 1$, ja todennäköisyydellä $w - 1$ myöhään kuluttavia, jolloin he kuluttavat vain hetkellä $t = 2$. Yksittäisen kuluttajan preferenssit ovat

$$U(c_1, c_2) = \begin{cases} u(c_1) & \text{todennäköisyydellä } w \\ u(c_2) & \text{todennäköisyydellä } 1 - w \end{cases}$$

jossa c_t kuvaa kulutusta ajan hetkellä $t = 1, 2$.

Alueelliset likviditeettishokit				
	A	B	C	D
S_1	w_S	w_P	w_S	w_P
S_2	w_P	w_S	w_P	w_S

Taulukko 1

Aikaisin kuluttamisen todennäköisyys w vaihtelee alueittain yllä olevan taulukon 1 mukaan. Se voi olla suuri, eli w_S tai pieni, eli w_P ($0 < w_P < w_S < 1$). Näiden satunnaisten muuttujien esiintyminen riippuu vallitsevasta tilasta. On olemassa kaksi yhtä todennäköistä tilaa, S_1 ja S_2 , joita vastaavat likviditeettishokkien todennäköisyyden eri alueilla ilmenevät yllä olevasta taulukosta 1. Huomioitavaa on, että ex ante kaikilla alueilla on sama todennäköisyys saada suuri likviditeettishokki. Myös alueiden yhteenlaskettu likviditeetin kysyntä on yhtä suuri molemmissa tiloissa. Kaikki epävarmuus kuitenkin poistuu ajan hetkellä $t = 1$, jolloin vallitseva tila (S_1 tai S_2)

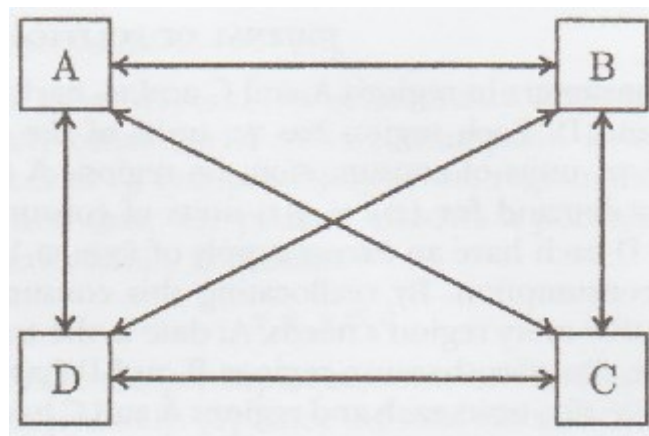
paljastuu, ja kaikki kuluttajat tiedostavat, ovatko he aikaisin vai myöhään kuluttavia. Seuraavaksi perehdytään siihen, miten vallitseva tila vaikuttaa erilaisiin markkinarakenteisiin.

4.2. Erilaiset markkinarakenteet

4.2.1. Täydellinen markkinarakenne

Pankkien välisen markkinan rakenne voi olla *täydellinen* tai *epätäydellinen*. Perehdytään ensin täydelliseen markkinarakenteeseen. Oletetaan, että ajan hetkellä $t = 0$ pankit voivat tehdä talletuksia toisiin pankkeihin, ja merkitään keskimääräistä osuutta aikaisin kuluttavista kirjaimella $\gamma = (w_S + w_P)/2$.

Jokaisen alueen likviditeettishokit ovat negatiivisesti korreloituneita kahden muun alueen kanssa. Siksi oletetaan, että jokainen pankki alueella i pitää $z^i = (w_S - \gamma)/2 > 0$ suuruista talletusta kaikissa alueissa $j \neq i$. Tätä markkinarakennetta kutsutaan täydelliseksi, ja sitä esittää alla oleva kuva 1. Pankkien talletukset ovat identtisiä, ja niiden vaikutukset kumoavat toisensa, joten yhteenlaskettu talletusten määrä pysyy samana kaikissa pankeissa.



Kuva 1, Täydellinen markkinarakenne

Pankki sijoittaa ajan hetkellä $t = 0$ talletukset portfolioon $(x, y) \geq 0$ (ehdolla $x + y \leq 1$), jossa x on pitkäaikaisia sijoituksia ja y on lyhytaikaisia sijoituksia. Pankkien tarvitsee alussa tyydyttää vain keskimääräinen talletusten kysyntä, sillä ne voivat liikuttaa talletuksia alueiden välillä. Pankeilla on ajan hetkellä $t = 1$ γc_1 verran lyhytaikaisia sijoituksia y eli $\gamma c_1 = y$. Ajan hetkellä $t = 2$ niillä on puolestaan keskimäärin käytössä $(1 - \gamma)c_2 = Rx$ verran varoja.

Ajan hetkellä $t = 1$ vallitseva tila S paljastuu, jolloin pankkien tulee sopeuttaa portfolionsa, jotta budjettirajoite täyttyy. Mikäli aluetta i on kohdannut suuri likviditeetin kysyntä $w^i = w_S$, se likvidoi kaikki talletuksensa muista alueista. Toisaalta jos aluetta i on kohdannut pieni likviditeetin kysyntä $w^i = w_P$, se säilyttää talletuksensa muissa alueissa ajan hetkeen $t = 2$ asti.

Ajatellaan aluetta, joka on kohdannut suuren likviditeetin kysynnän. Sen pitää maksaa c_1 verran talletuksia oman alueensa tallettajille, joita on w_S ja antaa toisen suuren likviditeetin kysynnän

kohdanneen alueen käyttää sinne tekemät talletuksensa $z^i = (w_S - \gamma)/2$. Tällöin takaisin maksettavaa kertyy yhteensä $\{w_S + [(w_S - \gamma)/2]\}c_1$. Kyseisellä alueella on käytössä y verran lyhytaikaisia sijoituksia ja $3z^i = 3(w_S - \gamma)/2$ verran talletuksia kolmessa muussa alueessa. Tällöin täytettävä budjettirajoite on muotoa

$$\left(w_S + \frac{w_S - \gamma}{2}\right)c_1 = y + \frac{3(w_S - \gamma)}{2},$$

joka supistuu muotoon $\gamma c_1 = y$. Pienen likviditeettishokin kohdannut alue joutuu puolestaan maksamaan c_1 verran talletuksia oman alueensa tallettajille, joita on w_P ja antaa kahdelle suuren likviditeetin kysynnän kohdanneelle alueelle käyttöön sinne tekemät talletuksensa $2z^i = (w_S - \gamma)$. Käytettäviä varoja sillä on lyhytaikaiset sijoitukset y , jolloin täytettävä budjettirajoite on muotoa

$$(w_P + (w_S - \gamma))c_1 = y.$$

Koska $w_S - \gamma = \gamma - w_P$, supistuu budjettirajoite muotoon $\gamma c_1 = y$. Ajan hetkellä $t = 1$ molemmat, pienen ja suuren likviditeettishokin kohdanneet alueet, pystyvät tekemillään ristikkäisillä talletuksilla vastaamaan omien talletajiensa likviditeettikysyntään ilman tarvetta likviditoita pitkäaikaisia sijoituksia.

Viimeisenä päivänä eli ajan hetkellä $t = 2$ budjettirajoitteet täyttyvät jälleen molemmissa tilanteissa. Alueen, jota kohtasi ajan hetkellä $t = 1$ suuri likviditeetin kysyntä, budjettirajoite on ajan hetkellä $t = 2$ muotoa

$$((1 - w_S) + (w_S - \gamma))c_2 = Rx,$$

jossa vasemmalla puolella on oman alueen myöhään kuluttavien likviditeettikysyntä, sekä kahden muun alueen likviditeettikysyntä. Tämä on vuorostaan nyt suuri. Oikealla puolella on käytössä olevat varat, eli pitkäaikaisten sijoitusten arvo. Tämä budjettirajoite supistuu muotoon $(1 - \gamma)c_2 = Rx$. Sama toteutuu myös niiden kahden alueen kohdalla, joita aiemmin kohtasi pieni likviditeettikysyntä. Niiden budjettirajoite on muotoa

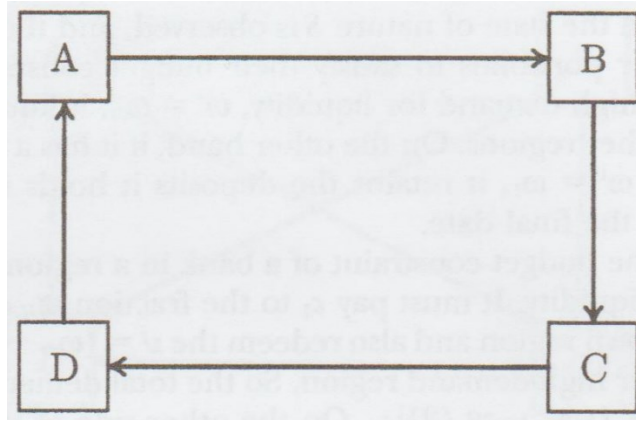
$$\left((1 - w_P) + \frac{w_S - \gamma}{2}\right)c_2 = Rx + \frac{3(w_S - \gamma)}{2}c_2.$$

Pankit pystyvät täyttämään budjettirajoitteensa molemmissa vallitsevissa tiloissa (S_1 ja S_2) sekä kaikkina aikoina ($t = 0, 1, 2$) vaihtamalla talletuksia toisten alueiden kanssa. Samalla pankit kykenevät tarjoamaan tallettajilleen parhaan kulutusallokaation tarjoamalla tallettajille kiinteät talletussopimukset (c_1 ja c_2).

4.2.2. Epätäydellinen markkinarakenne

Edellä käsitelty täydellinen markkinarakenne on siinä mielessä täydellinen, että pankki i pitää talletuksia kaikissa muissa pankeissa $j \neq i$. Joissain tilanteissa tämä ei kuitenkaan ole mahdollista käytännössä. Pankit ovat yhteydessä paljon toisien alueiden pankkeihin, mutta kaupankäynti- ja informaatiokustannukset voivat estää pankkeja hankkimasta yhteyksiä kaukaisen alueen pankkeihin. Pankilla voi olla tiiviimmät yhteydet esimerkiksi tietyn toimialan pankkeihin tai

samalla maantieteellisellä alueella toimiviin pankkeihin, jolloin pankkien väliset talletukset keskittyvät ”naapurissa” oleviin pankkeihin. Jatkon kannalta tämän epätäydellisen markkinarakenteen huomioiminen on tärkeää. Oletetaan, että pankki i voi pitää talletuksia vain osassa muista alueista. Selvyyden vuoksi oletetaan, että pankki i pitää talletuksia vain yhdellä vierekkäisellä alueella alla olevan kuvan 2 osoittamalla tavalla.



Kuva 2. Epätäydellinen markkinarakenne.

Pääosin oletukset ovat samoja kuin täydellisen markkinarakenteen tapauksessa. Oletetaan nyt kuitenkin, että pankki i pitää $z^i = (w_S - \gamma)$ suurista talletusta vierekkäisessä pankissa ajan hetkellä $t = 0$. Tällöin kaikilla pankeilla on talletus viereisessä pankissa, jolloin talletusten määrä ei muutu eli budjettirajoite pysyy samana, $x + y \leq 1$.

Jälleen ajan hetkellä $t = 1$ vallitseva tila on paljastunut, jolloin pankit ja kuluttajat tunnistavat likviditeettishokin suuruuden kaikilla alueilla. Alueet, joita on kohdannut suuri likviditeettishokki w_S , likvidioivat talletuksensa viereisestä pankista. Alueet, joita on kohdannut pieni likviditeettishokki w_P , eivät likvidoi talletustaan. Tässä on oletettu, että suuren likviditeettishokin kohdanneella pankilla on talletuksia pienen likviditeettishokin kohdanneessa pankissa ja toisin päin. Budjettirajoite suuren likviditeettishokin kohdanneella alueella on

$$w_S c_1 = y + (w_S - \gamma) c_1,$$

ja pienen likviditeettishokin kohdanneen alueen budjettirajoite on

$$(w_P + (w_S - \gamma)) c_1 = y.$$

Molemmat lauseet supistuvat muotoon $\gamma c_1 = y$ korvaamalla $w_S - \gamma = \gamma - w_P$. Viimeisenä päivänä eli ajan hetkellä $t = 2$ suuren likviditeettishokin kohdanneen alueen budjettirajoite on

$$((1 - w_S) + (w_S - \gamma)) c_2 = Rx$$

ja pienen likviditeettishokin kohdanneen alueen budjettirajoite on

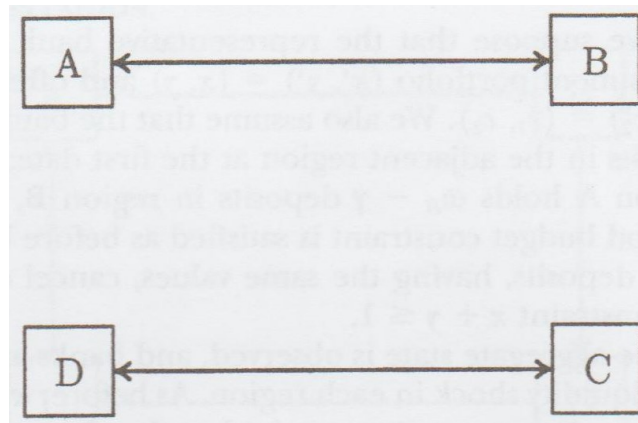
$$(1 - w_P) c_2 = Rx + (w_S - \gamma) c_2,$$

jotka molemmat supistuvat muotoon $(1 - \gamma) c_2 = Rx$.

Edellä todistettiin, että vaikka pankkien välinen markkina on epätäydellinen, se voi silti täyttää budjettirajoitteensa ja vastata tallettajensa likviditeettitarpeisiin tekemällä talletuksia muihin pankkeihin pankkien välisen markkinan kautta.

4.2.3. Katkaistu epätäydellinen markkinarakenne

Yksi mielenkiintoinen asia edellä olevan kuvan 2 epätäydellisessä markkinarakenteessa on se, että vaikka jokainen pankki saa likviditeettiä vain viereiseltä pankilta, niin silti kaikki pankit ovat yhteydessä toisiinsa. Vaihtoehtoisesti kyseessä voisi olla alla olevan kuvan 3 mukainen katkaistu epätäydellinen markkinarakenne.



Kuva 3. Katkaistu epätäydellinen markkinarakenne.

Siinä alueen A pankit pitävät talletuksia alueen B pankeissa ja toisin päin. Vastaavasti D ja C alueet pitävät talletuksia toistensa alueilla. Tämä rakenne on vieläkin epätäydellisempi kuin aiemmin mainittu epätäydellinen rakenne. Silti on mahdollista osoittaa, että pankit pystyvät vastaamaan tallettajensa likviditeettitarpeisiin, vaikka pankkisektori on rakentunut kahdesta täysin erillisestä eri alueiden muodostamasta kokonaisuudesta. Jopa kriisien tarttuminen koko alueelle on mahdotonta, sillä kaksi osaa eivät ole mitenkään yhteydessä toisiinsa.

Vaikka täydellinen, epätäydellinen ja katkaistu epätäydellinen markkinarakenne johtavat kaikki samanlaiseen lopputulokseen, huomataan myöhemmin, että rakenteiden vakaudessa on kuitenkin merkittäviä eroja. Ennen kuin päästään tutkimaan rakenteiden vakautta, on syytä käydä läpi muutama määritelmä.

4.3. Määritelmät

4.3.1. Pankin tilanteen luokittelu

Ajan hetkellä $t = 1$ pankki voi löytää itsensä kolmesta erilaisesta tilanteesta. Pankin sanotaan olevan *maksukykyinen*, mikäli se kykenee täyttämään kaikkien halukkaiden tallettajien likviditeettikysynnän lyhytaikaisilla sijoituksilla y , sekä muiden alueiden pankkeihin tekemillä

talletuksilla z . Pankki on *maksukyvytön*, mikäli se joutuu näiden lisäksi käyttämään pitkäaikaisia sijoituksia x . Mikäli pankki ei vielä tämänkään jälkeen täytä kaikkien halukkaiden tallettajien vaatimia likviditeettivaatimuksia, sanotaan pankin olevan *konkurssissa*.

4.3.2. Likvidointijärjestys ja likvidointiarvo

Edellä esitetty luokittelu perustuu oletukseen, että pankki likvidoi varansa tietyssä järjestyksessä. Ensin se likvidoi lyhytaikaiset sijoitukset, sitten talletuksen muissa pankeissa ja viimeisenä pitkäaikaiset sijoitukset. Tutkimuksessa käydään läpi, miksi tällainen järjestys on olemassa. Todistus on mallin luotettavuuden kannalta tärkeä, mutta se ei ole tämän tutkielman aiheen keskiössä, joten se sivuutetaan tässä vaiheessa. Tärkeämpää on miettiä pankin talletusten arvoa.

Talletus pankissa ajan hetkellä $t = 1$ on arvoltaan c_1 , mikäli pankki ei ole konkurssissa, ja jos se on konkurssissa, niin talletuksen arvo on kaikkien pankin varojen likvidointiarvo. Merkitään alueella i olevan pankin talletusten arvoa q^i ajan hetkellä $t = 1$. Mikäli $q^i < c_1$ niin kaikki tallettajat, mukaan lukien muiden alueiden pankit, vetävät pois talletuksiaan niin paljon kuin mahdollista. Kaikkia tallettajia oletetaan kohdeltavan tasa-arvoisesti, eikä esimerkiksi FCFS-järjestys ole käytössä. Otetaan esimerkiksi alue A. Jos kaikki tallettajat vetävät talletuksensa pois, niin likviditeettikysyntä on yhteensä $(1 + z)q^A$, joka koostuu pankin oman alueen tallettajista sekä alueen D pankeista. Käytettäviä varoja pankilla on $y + rx + zq^B$, joka koostuu lyhytaikaisista sijoituksista, pitkäaikaisten sijoitusten likvidointiarvosta sekä talletuksien arvosta pankissa B. Tällöin saadaan pankin talletusten arvoksi, että

$$q^A = \frac{y + rx + zq^B}{1 + z}.$$

4.3.3. Puskurit

Myöhään kuluttavat odottavat viimeiseen päivään, mikäli he pystyvät kuluttamaan silloin enemmän. Pankin pitää antaa vähintään c_1 verran toisella periodilla, jotta myöhään kuluttavat eivät nosta talletuksiaan liian aikaisin pois. Pankin, jolla on osuus w aikaisin kuluttavista tallettajista, täytyy pitää vähintään $(1 - w)c_1/R$ yksikköä pitkäaikaisia sijoituksia täyttääkseen myöhään kuluttavien tarpeet viimeisellä periodilla. Tästä seuraa, että ajan hetkellä $t = 1$ pitkäaikaisista sijoituksista voidaan likvidoida $x - (1 - w)c_1/R$. Pitkäaikaisen sijoituksen tuoton ollessa r , pankin puskur eli mahdollisuus likvidoida pitkäaikaisia sijoituksia ilman talletuspakoa on

$$b(w) = r\left(x - \frac{(1-w)c_1}{R}\right).$$

4.4. Rakenteiden vakaus

Edellä oletettiin, että tuleva vallitseva tila voi olla yhtä todennäköisesti joko S_1 tai S_2 . Seuraavaksi pohditaan pankkijärjestelmän vakautta, kun vallitseva tila poikkeaa normaalista ja onkin vastoin odotuksia häiriötila S_* . Tilassa S_* ilmenevät likviditeettitarpeet ovat alla olevan taulukon 2 mukaiset. Tässä tilassa alueiden yhteenlaskettu likviditeettikysyntä on suurempi kuin alueiden kyky

tarjota likviditeettiä. Jokainen alue, paitsi alue A, kohtaa odotetun keskimääräisen likviditeettishokin γ . Alueen A kohtaama shokki on suuruudeltaan $\gamma + \varepsilon$, jossa ε ($\varepsilon > 0$) on ylimääräisen likviditeetin tarve eli häiriön suuruus.

Alueelliset likviditeettishokit normaali- ja häiriötilassa				
	A	B	C	D
S_1	w_S	w_P	w_S	w_P
S_2	w_P	w_S	w_P	w_S
S_*	$\gamma + \varepsilon$	γ	γ	γ

Taulukko 2

4.4.1. Epätäydellisen markkinarakenteen vakaus

Markkinarakenteen oletetaan nyt olevan kuvan 2 mukainen epätäydellinen rakenne. Lähtötilanne ja pankkien toiminta muutoin on samanlaista kuin aiemmin, sillä ne varautuvat vain normaaleihin tiloihin. Jokainen alueen i pankki pitää jälleen viereisen alueen pankeissa talletusta $z^i = (w_S - \gamma)$.

Ajan hetkellä $t = 1$ kuluttajat päättävät, milloin he vetävät talletuksensa pois. Aikaisin kuluttavat vetävät aina talletuksensa pois ajan hetkellä $t = 1$, mutta myöhään kuluttavat vetävät talletuksensa pois joko ajan hetkellä $t = 1$ tai 2 riippuen siitä, kumpi antaa heille suuremman kulutuksen. Mikäli pankki kykenee täyttämään vaaditut likviditeettitarpeet ajan hetkellä $t = 1$, niin loput pankin sijoituksista likvidoidaan viimeisellä periodilla.

Häiriötilassa S_* pankilla A on lyhytaikaisia sijoituksia $y = \gamma c_1$, jotka eivät riitä kysytyn likviditeettitarpeen $(\gamma + \varepsilon)c_1$ täyttämiseen. Pankin täytyy likvidoida εc_1 verran pitkäaikaisia sijoituksia. Tämä on mahdollista ilman toisen alueen apua vain, jos tarvittu lisälikviditeetti on pienempi kuin pankin oma puskuri

$$\varepsilon c_1 \leq b(\gamma + \varepsilon).$$

Mikäli ε on tarpeeksi pieni, niin alueen A pankit ovat maksukyvyttömiä, mutta sillä ei ole vaikutuksia muiden alueiden pankeihin. Kärsijöitä ovat vain myöhään kuluttavat, jotka eivät saa viimeisellä periodilla heille luvattua talletusta c_2 . Huomattakoon, että pankki A ei voi käyttää talletuksiaan muiden alueiden pankeissa, sillä muiden alueiden pankeilla ei ole ylimääräisiä talletuksia, kuten normaalitilassa olisi.

Mikäli ε on tarpeeksi suuri, niin pankit alueella A ajautuvat konkurssiin, jolloin alueen pankkien talletusten arvo on $q^A < c_1$. Tästä seuraa vaikutusten tarttuminen alueen D pankeihin, sillä niillä on talletuksia alueen A pankeissa. Mikäli ε ei kuitenkaan ole liian suuri, eli se pysähtyy alueen D pankkien puskureihin, niin pankit menevät vain maksukyvyttömiksi, mutta eivät konkurssiin. Suurempi häiriö ylittää pankin puskurit, jolloin myös pankki D menee konkurssiin.

Tämä konkurssiraja voidaan myös määritellä. Ajatellaan alimmaksi tarttumisvaikutukseksi $z(c_1 - q^A)$, jolla alueen D pankit eivät vielä mene konkurssiin. Siinä q^A on ylin raja konkurssissa olevan alueen A pankkien talletusten arvosta, jolla alueen D pankit eivät kuitenkaan ajaudu konkurssiin. Tällöin (olettaen, että $q^B = c_1$) alueen D pankit ajautuvat konkurssiin, kun

$$q^A < q_*^A = \frac{y+rx+zc_1}{1+z}.$$

Alueen D puskurit ylittyvät ja se joutuu konkurssiin, mikäli ehto $z(c_1 - q_*^A) > b(\gamma)$ täyttyy. Tässä zc_1 on talletukset, jotka on luvattu alueen C pankeilta ja zq_*^A on ylin raja alueen A pankkien talletusten arvolle. Huomattakoon myös, että kun häiriö ylittää konkurssin raja-arvon, niin sen yli menevällä häiriön suuruudella ei ole tapahtumiin enää mitään vaikutusta, sillä kaikki nostavat talletuksensa pankista joka tapauksessa.

Kriisin tarttuessa alueelle D ja alueen D pankkien mennessä konkurssiin, kriisi tarttuu myös alueelle C. Voidaan osoittaa, että mikäli alueen D pankit menevät konkurssiin, niin kaikki loputkin pankit menevät konkurssiin, sillä ketjussa häiriön vaikutus kasvaa koko ajan. Tämä johtuu pitkäaikaisten sijoitusten likvidoinnin aiheuttamien tappioiden kasautumisesta markkinarakenteessa.

Pitkäaikaisten sijoitusten likvidointikerroin r vaikuttaa kahta kautta häiriön vaikutusten suuruuteen. Kertoimen ollessa hyvin pieni, alueen A pankkien sijoitusten tappiot ovat suuremmat, jolloin myös vaikutukset muille alueille ovat suuremmat. Toisaalta pieni r myös pienentää kaikkien alueiden puskureita, jolloin kriisien tarttuminen seuraavaan alueeseen on helpompaa. Yhtälöstä huomataan myös se, että häiriön suuruuteen vaikuttaa positiivisesti pankkien välisten talletusten z suuruus. Muihin pankkeihin tehty talletus $z^i = (w_s - \gamma)$ on minimimäärä, joka täyttää budjettisuoran vaatimukset. Talletusten z ollessa tätä suurempia, tartuntaongelma vain pahenee.

Edellä käsiteltiin, kuinka epätäydellisessä markkinarakenteessa ilmennyt kohtalaisen pieni ja odottamaton häiriö voi johtaa tappioiden kasautumisen myötä pankkijärjestelmän suureen kriisiin. Seuraavaksi tutkitaan mitä tapahtuisi, jos kyseessä olisi täydellinen markkinarakenne.

4.4.2. Täydellisen markkinarakenteen vakaus

Edellä johdettiin ehto $z(c_1 - q_*^A) > b(\gamma)$, jonka täytyessä kriisi tarttuu kaikkiin pankkeihin, kun markkinarakenne on epätäydellinen. Seuraavaksi osoitetaan, että kriisi ei tartu kaikkiin pankkeihin, mikäli kyseessä on kuvan 1 mukainen täydellinen markkinarakenne.

Lähtökohdat ovat muutoin samat kuin edellä, mutta nyt alueiden pankit tallettavat muiden alueiden pankkeihin $z/2 = (w_s - \gamma)/2$. Talletukset yhteen alueeseen ovat nyt $(z/2)$ pienempiä kuin edellä käsitellyssä epätäydellisessä markkinarakenteessa (z), mutta kaikkiin alueisiin yhteensä tehdyt talletukset ovat nyt $(3z/2)$ suurempia kuin edellä (z). Jälleen $z/2$ on pienin talletusten määrä, minkä avulla pankkijärjestelmä toimisi normaalioloissa.

Lasketaan ensin samalla idealla kuin aiemmin alueen A talletusten arvo olettaen, että mikään muu alue ei ole konkurssissa. Nyt kuitenkin käytössä olevat varat ovat $y + rx + 3(z/2)c_1$ ja likviditeetin kysyntä on $(1 + (3z/2))q^A$, joten

$$q^A = \frac{y+rx+3(z/2)c_1}{1+(3z/2)}.$$

Muiden alueiden pankkien kokemat tappiot alueen A ajautuessa konkurssiin ovat $(z/2)(c_1 - q^A)$. Tämän takia muiden alueiden pankit joutuvat maksukyvyttömiksi, mutta eivät mene konkurssiin, mikäli tappiot ovat pienemmät tai yhtä pienet kuin muiden alueiden pankkien puskurit

$$(z/2)(c_1 - q^A) \leq b(\gamma).$$

Vaikka aikaisemmin johdettu epätäydellisen markkinarakenteen kriisin tarttumattomuusehto $(z(c_1 - q^A) \leq b(\gamma))$ ei täytyisi, voi yllä oleva täydellisen markkinarakenteen kriisin tarttumattomuusehto silti täytyä. Tämä johtuu siitä, että täydellisessä markkinarakenteessa *rahoituksellinen keskinäisriippuvuus* on pienempää kuin epätäydellisessä markkinarakenteessa $(z/2 < z)$.

5. Freixas-Parigi-Rochet -malli

Freixas-Parigi-Rochet -malli on toinen merkittävä tapa kuvata pankkien välisellä markkinalla ilmenevää systemaattisen kriisin riskiä ja sen tarttumista. Malli muistuttaa Allen-Gale -mallia, sillä molemmat pohjautuvat Diamond-Dybvig -mallin lähtökohtiin. Mallissa on kuitenkin oleellisia eroavaisuuksia Allen-Gale -malliin nähden. Allen-Gale -mallissa epävarmuus syntyy siitä, *milloin* tallettajat haluavat kuluttaa. Tässä mallissa puolestaan epävarmuus syntyy siitä, *missä* tallettajat haluavat kuluttaa. Tässä luvussa esitetty malli perustuu tutkimukseen, jonka ovat tehneet Freixas, Parigi ja Rochet (2000).

5.1. Mallin alkuasetelma ja oletukset

Ajatellaan taloutta, jossa on yksi valuutta, joka on keskuspankkirahaa ja siksi sitä voidaan liikuttaa ilman kustannuksia. Taloudessa on myös N paikkaa, missä jokaisessa on yksi pankki. Kuluttajia on äärettömästi jokaisessa paikassa ja siksi niitä kuvataan yhtenä massana kussakin paikassa. Kuluttajat ovat myös riskineutraaleja. Aika koostuu kolmesta periodista, $t = 0, 1, 2$. Kaikilla kuluttajilla on alussa, $t = 0$, yksi yksikkö rahaa. Raha voidaan joko varastoida tai sijoittaa. Kuluttaja ei voi sitä itse tehdä, vaan kuluttajan täytyy tallettaa se oman paikkansa pankkiin, jolloin pankki varastoi tai sijoittaa sen kuluttajan puolesta. Varastointi ei tuota mitään. Sijoittamisen tuotto on R jokaista ajan hetkellä $t = 0$ sijoitettua yksikköä kohden mitä ei ole likvidoitu kesken maturiteetin, eli ajan hetkellä $t = 1$. Pankki valitsee ajan hetkellä $t = 0$ optimaaliset osuudet varastoimista ja sijoittamista. Vastineeksi tallettajat saavat kiinteän talletussopimuksen. Tallettajilla on oikeus saada c_1 rahaa, mikäli tallettajat haluavat vetää talletuksensa pois ajan hetkellä $t = 1$. Loppuun asti eli ajan hetkeen $t = 2$ odottaneet tallettajat jakavat keskenään tasan jäljelle jääneiden varojen tuotot. Ajan hetkellä $t = 1$ nostetut talletukset pankki rahoittaa varastoiduilla talletuksilla sekä likvidoimalla osan sijoituksistaan. Jokainen yksikkö likvidoitua sijoitusta ajan hetkellä $t = 1$ tuottaa vain α yksikköä rahaa ($\alpha \leq 1$). Tällöin likvidoinnin kustannus, eli epälikvidillä markkinalla tapahtuvan pakkomyynnin (fire sale) kustannus on $(1 - \alpha)$. Tämän kustannuksen voidaan ajatella johtuvan myös haitallisen valikoitumisen ongelmasta.

5.2. Tallettajien liikkuminen

Edellä esitetyt lähtökohdat ovat samat kuin Allen-Gale -mallissa, mutta oletuksissa on myös eroja. Kulutus tapahtuu vain ajan hetkellä $t = 2$. Tallettajista osuus $\lambda > 0$ kuluttaa ajan hetkellä $t = 2$ uudessa paikassa, eli he ovat *matkustavia*. Loput tallettajat $(1 - \lambda)$ kuluttavat ajan hetkellä $t = 2$ kotipaikassa, eli he ovat *ei-matkustavia*. Tässä mallissa kuluttajat ovat epävarmoja, *missä* heidän tarvitsee kuluttaa. Kärsimättömiä aikaisin kuluttavia kuluttajia ei ole yhtään, toisin kuin Allen-Gale -mallissa oli. Toki talletukset voi nostaa aikaisemmin, mutta kulutus tapahtuu vasta viimeisellä periodilla. Tämän valinnan avulla voidaan keskittyä paikkojen välisiin maksuihin, jotka syntyvät kuluttajien liikkumisesta kuluttamaan toisiin paikkoihin. Allen-Gale -mallissa keskityttiin ajalliseen kuluttajien toimintaan samassa paikassa.

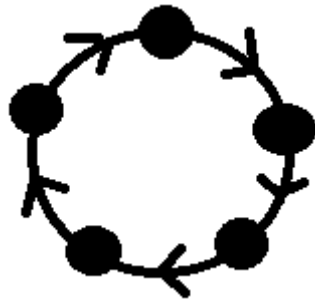
Tallettajien tarve matkustaa tiettyyn paikkaan kuluttamaan ajan hetkeksi $t = 2$ paljastuu kaikille kuluttajille ajan hetkellä $t = 1$. Jotta tallettaja voisi kuluttaa paikassa j ($i \neq j$), se voi nostaa talletuksensa kotipaikassa i ajan hetkellä $t = 1$ ja kuljettaa rahansa käteisenä paikasta i paikkaan j . Kustannus rahan kuljettamisesta käteisenä paikasta toiseen on menetetty sijoituksen tuotto. Tämä luo tarvetta pankkien välisen lainamarkkinan käyttöönotolle, jolloin sijoittamattomien rahojen määrä minimoituu. Pankin j myöntämä laina pankille i antaa pankin i tallettajille oikeuden siirtää talletuksensa pankkiin j . Näin he voivat kuluttaa ajan hetkellä $t = 2$ oman osuutensa pankin j varallisuudesta ajan hetkellä $t = 2$.

Pankkien välisen lainamarkkinan toimintaa voidaan kuvata esimerkiksi sekeillä. Kun pankki j myöntää lainan pankille i , niin pankin i tallettaja saa sekin omalta pankiltaan ja lunastaa sen pankilta j ajan hetkellä $t = 2$. Pankki i vuorostaan antaa samanlaisia lainoja muille pankeille ja lunastaa sitten pois muiden pankkien tallettajilta sekkejä. Ajan hetkellä $t = 2$ pankit maksavat velkansa siirtämällä rahaa eri paikoissa olevien pankkien välillä. Rahan siirtämiseen tarvittavaa teknologiaa on mahdollista käyttää vain pankkien välisellä markkinalla.

Tässä vaiheessa on hyvä lisätä vielä muutama tärkeä oletus. Pankin kaikki tallettajat ovat samassa asemassa ajan hetkellä $t = 2$, sillä pankkien välisellä markkinalla oletetaan olevan vähän informaatiota, jolloin tallettajien tunnistaminen ja jaottelu on mahdotonta. Mikäli pankki suljetaan ajan hetkellä $t = 1$, sen varat jaetaan vain sen omien tallettajien kesken, koska silloin pankin oletetaan poistuvan koko pankkijärjestelmästä.

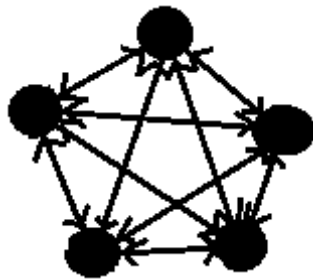
Lisäksi merkitään π_{ij} sitä määrää tallettajia, jotka menevät paikasta i paikkaan j kuluttamaan. Sen avulla oletetaan, että kaikille i pätee $\sum_j \pi_{ij} = 1$ ja että kaikille j pätee $\sum_i \pi_{ij} = 1$. Tällöin kaikista paikoista lähtevät kaikki tallettajat muualle, mutta toisaalta muualta tulee yhtä paljon tallettajia tilalle, jolloin kysyntä ja tarjonta pysyvät tasapainossa kaikissa paikoissa.

Tallettajien liikkuminen paikkojen välillä havainnollistetaan kahdella erilaisella tapauksella. Ensimmäinen on *lainaketju*, missä kaikki matkustavat tallettajat paikassa i matkustavat paikkaan $i + 1$ eli viereiseen paikkaan, jossa kuluttavat ajan hetkellä $t = 2$. Silloin paikan $i + 1$ pankki antaa lainaa paikan i pankeille. Lainaketjussa lainat liikkuvat toiseen suuntaan kuin matkustajat. Pankkien välille syntyneet yhteydet muodostavat alla olevan esimerkin, kuvan 4, mukaisen ympyrän.



Kuva 4, lainaketju

Toisessa tapauksessa kyseessä on *hajautettu lainaus*. Siinä kaikista paikoista i tallettajia menee yhtä paljon kaikkiin muihin paikkoihin $j \neq i$. Tällöin kaikki pankit antavat kaikille muille pankeille yhtä paljon lainaa. Pankkien välille muodostuu alla olevan esimerkin, kuvan 5, mukainen tiheä yhteyksien verkosto.



Kuva 5, hajautettu lainaus

Molemmat tapaukset muistuttavat todella paljon Allen-Gale -mallin markkinarakenteita. Lainaketju muistuttaa epätäydellistä markkinarakennetta ja hajautettu lainaus täydellistä markkinarakennetta.

5.3. Tasapainojen muodostuminen

Mikäli pankkien välistä lainamarkkinaa ei ole olemassa, tallettajien on nostettava talletuksensa käteiseksi ajan hetkellä $t = 1$, jolloin sijoitettavan rahan määrä vähenee. Tätä pelin tasapainoa kutsutaan siksi *omavaraiseksi tilanteeksi* (autarkic situation). Hyvinvointi kärsii, koska rahoja ei voida sijoittaa tuottaviin kohteisiin.

Mallissa kaikkien N :n pankin tallettajat muodostavat pelin, jossa kukin pelaaja ajaa vain omaa etuaan ilman keskinäistä koordinoitua. Pankeilla ei ole mitään strategista roolia, jolloin mahdolliset kriisit eivät johdu pankkien toiminnasta. Mikäli kaikki pankit ovat maksukykyisiä ja pankkien välinen markkina on olemassa, niin mallin pelillä on ainakin kaksi erilaista tasapainoa.

Ensimmäinen on tehoton talletuspako, jota kutsutaan *spekulatiiviseksi umpikuja tasapainoksi* (speculative gridlock equilibrium). Tässä tasapainossa kaikki pankin varat likvidoidaan. Tämä tilanne syntyy puhtaasta koordinoituvirheestä, kuten Diamond-Dybvig -mallissa. Koordinointivirhe aiheuttaa dominoefektin, jossa tarpeeksi suuri joukko tallettajia likvidoi talletuksensa, koska he eivät jostain syystä usko saavansa talletuksiaan nostetuksi uudessa paikassa. Tällöin myös kaikille muille tallettajille on optimaalista nostaa talletuksensa.

Toinen on tehokas allokaatio, jota kutsutaan *lainaus tasapainoksi* (credit line equilibrium). Tässä tasapainossa ei lainkaan likvidoida sijoituksia, joten se on parempi tasapaino.

Koska likvidointi on kallista ja kaikki pankit ovat maksukykyisiä, lainaus tasapaino dominoi kaikkia muita tasapainoja. Jos tallettajat rationaalisesti odottaisivat spekulatiivista umpikuja tasapainoa, niin he suosisivat aiemmin mainittua omavaraista tilannetta, sillä silloin välttyttäisiin kalliilta likvidoinnilta. Omavarainen tilanne dominoi spekulatiivista umpikuja tasapainoa. Siksi muodostuu trade off -tilanne, jossa pitää valita riskisen pankkien välisen markkinan ja turvallisen käteisjärjestelmän väliltä, jossa investointeja ei ole, sillä käytössä on vain käteistä.

5.4. Rakenteiden vakaus

Seuraavaksi perehdytään siihen, miten yhden pankin maksukyvyttömyys vaikuttaa koko muuhun järjestelmään. Tutkitaan, milloin yhden pankin tappiot voidaan kattaa muiden pankkien puskureilla, ja milloin kriisi tarttuu muihin maksukykyisiin pankkeihin, kun maksukyvytön pankki suljetaan.

Oletetaan nyt, että sijoitusten tuotto yhden paikan pankkien kohdalla osoittautuu vastoin kaikkia odotuksia yllättäen $R_* = 0$. Pankit ovat kuitenkin sijoittaneet kaikki talletuksensa, sillä ne eivät uskoneet tämän tilanteen olevan mahdollista. Tässä tilanteessa pankki suljetaan ja likvidoidaan.

Kun matkustavien tallettajien osuus λ kasvaa tai kun pankkien lukumäärä N kasvaa, niin systeemi tulee vähemmän alttiiksi häiriöille. Intuitiivisesti tämä pitää paikkansa hajautetun lainauksen tapauksessa, sillä pankkien lukumäärän kasvaessa häiriön vaikutus muiden pankkien talletusten arvoon pienenee, ja toisaalta matkustavien tallettajien osuuden kasvaessa häiriön vaikutus tarttuu muihin pankkeihin, jolloin sen neutraloiminen on helpompaa.

Lainaketju on alttiimpi häiriöille kuin hajautettu lainaus, sillä lainaketjuissa tappioita voi laittaa helpommin ketjussa eteenpäin. Tämän tarkempi todistaminen sivuutetaan tässä tutkielmassa, mutta tilannetta voidaan havainnollistaa esimerkillä. Oletetaan, että on kolme pankkia ($N = 3$), kaikki tallettajat matkustavat ($\lambda = 1$) ja että pankit pitävät puolet talletuksistaan omissa sijoituksissaan. Merkitään pankissa i olevien talletusten arvoa D_i . Pankin 1 oletetaan olevan maksukyvytön, jolloin $R_1 = 0$. Tällöin hajautetun lainauksen tapauksessa saadaan

$$D_i = \frac{1}{2} R_i + \frac{1}{4} D_{i-1} + \frac{1}{4} D_{i+1} \quad i = 1, 2, 3,$$

jolloin pankki i pitää talletuksistaan $\frac{1}{2}$ omissa sijoituksissa, $\frac{1}{4}$ pankissa $i - 1$ ja $\frac{1}{4}$ pankissa $i + 1$.

Helpon laskutoimituksen jälkeen saadaan, että $D_1 = \frac{2}{5}$, $D_2 = \frac{4}{5}$ ja $D_3 = \frac{4}{5}$. Pankki 1 pystyy siirtämään $\frac{2}{5}$ tappioista muille pankeille. Lainaketjun tapauksessa puolestaan saadaan

$$D_i = \frac{1}{2} R_i + \frac{1}{2} D_{i+1} \quad i = 1, 2, 3,$$

jolloin pankki i pitää talletuksistaan $\frac{1}{2}$ omissa sijoituksissa ja $\frac{1}{2}$ pankissa $i + 1$. Helpon

laskutoimituksen jälkeen saadaan, että $D_1 = \frac{3}{7}$, $D_2 = \frac{6}{7}$ ja $D_3 = \frac{5}{7}$. Pankki 1 pystyy siirtämään $\frac{3}{7}$

tappioista muille pankeille, eli enemmän kuin hajautetun lainauksen tapauksessa, jolloin vaarana on myös muiden pankkien ajautuminen konkurssiin. Siksi lainaketju on enemmän alttiimpi häiriöille kuin hajautettu lainaus.

Pankin sulkemisen vaikutuksella vakauteen on myös eroja. On olemassa kriittinen talletusten arvo ajan hetkellä $t = 2$, jonka alittuessa pankin sulkeminen aiheuttaa likvidointia ainakin yhdessä muussa pankissa. Kriittinen arvo on suurempi lainaketjun tapauksessa kuin hajautetun lainauksen tapauksessa. Tämä tarkoittaa sitä, että kriittinen arvo alitetaan helpommin lainaketjun tapauksessa, jolloin myös likvidointia tapahtuu helpommin muissa pankeissa.

Hajautettu lainaus on aina vakaa, kun pankkien lukumäärä N on tarpeeksi suuri. Pankkien lukumäärällä N ei ole vaikutusta vakauteen lainaketjun tapauksessa. Tämä johtuu siitä, että tappioita on helpompi siirtää muille pankeille, kun kyseessä on hajautettu lainaus. Tämä on todistettu tutkimuksessa, mutta tässä tutkielmassa sen tarkastelu sivuutetaan.

6. Yhteenveto

Tässä tutkielmassa käytiin läpi systemaattisen kriisin tarttuminen pankkien välisellä markkinalla. Alussa Bhattacharya-Gale -mallin avulla havainnollistettiin, mitä pankkien välisellä markkinalla tapahtuu, miksi se on olemassa ja miten siellä oleva korko syntyy. Yksinkertaistettuna pankkien välisellä markkinalla likviditeettiä tarvitsevat pankit voivat saada rahaa niiltä pankeilta, joilla on ylimääräistä likviditeettiä. Tämä likviditeetin tasaaminen mahdollistaa yksittäisten pankkien kohtaamien epäsystemaattisten shokkien torjumisen, jolloin tallettajien riskit pienenevät ja optimaaliset talletussopimukset ovat mahdollista saavuttaa. Siksi on tärkeää, että pankkien välinen markkina on käytettävissä.

Pankkien välisellä markkinalla riskiä voidaan jakaa. Riskin jakaminen puolestaan tarkoittaa, että tietyissä tilanteissa kriisit voivat tarttua sen kautta. Luvuissa 4 ja 5 käsiteltiin kaksi erilaista tutkimusta kriisin tartumisesta pankkien välisen markkinan kautta. Molempien ryhmien tutkimukset pyrkivät selittämään, miten tarttuminen tapahtuu ja mitkä tekijät siihen vaikuttavat.

Artikkelien alkuasetelmat ovat hieman erilaisia. Allen-Gale -mallissa kriisi on yksinkertaisesti likviditeetti kriisi. Freixas-Parigi-Rochet -mallissa kriisi juontaa juurensa koordinoitio Ongelmasta. Malleissa on myös kaksi muuta oleellista eroavaisuutta oletuksissa. Allen-Gale -mallissa epävarmuus syntyy siitä, *milloin* tallettajat haluavat kuluttaa. Freixas-Parigi-Rochet -mallissa puolestaan epävarmuus syntyy siitä, *missä* tallettajat haluavat kuluttaa. Tästä huolimatta mallien päätelmät olivat hyvin saman suuntaisia.

Pankkien puskurit, kuten pääomat, pääomalainat ja kärsivällisten tallettajien talletukset ovat avaintekijöitä kriisin tarttumisen ehkäisemisessä. Mitä suurempia ne ovat, sitä vakaampi on järjestelmä. Molemmissa malleissa kriisin yhtenä syynä ovat epälikvidit pitkäaikaiset sijoitukset, jotka aiheuttavat likvidointitilanteissa tappioita pankeille. Samoin pankkien välisten talletusten määrä vaikuttaa järjestelmän vakauteen. Talletusten määrän kasvaessa järjestelmä muuttuu epävakammaksi. Luonnollisesti myös alkuperäisen shokin suuruudella on vaikutusta kriisin

tarttumiseen. Erityisesti kuitenkin pankkien välisten talletusten rakenteella on suuri merkitys vakaudelle.

Allen-Gale -mallin mukaan rakenne, jossa jokainen pankki lainaa vain yhdeltä pankilta, on paljon hauraampi kuin järjestelmä jossa rahoituslähteet ovat enemmän hajautettuja. Tässä ideana on, että vaikka yhdellä pankilla ei yksin ole kykyä selvitä shokista, niin kaikilla pankeilla voi yhdessä olla riittävät puskurit shokista selviämiseen. Freixas-Parigi-Rochet -mallin mukaan yhdeltä pankilta lainatessa voi lainaketjussa tappioita siirtää helpommin eteenpäin, jolloin dominoefekti syntyy helpommin. Molemmissa malleissa järjestelmän hajautuneisuus tekee järjestelmästä vakaamman.

Allen-Gale -mallissa nostettiin myös havainto, että mikäli kyseessä on katkaistu epätäydellinen markkinarakenne, niin häiriö voisi kaataa vain kaksi aluetta, sillä toiset kaksi aluetta eivät olisi millään tavalla yhteydessä kahteen muuhun alueeseen. Alueiden totaalinen erottaminen voi olla yksi keino kriisien tarttumisen estämiselle.

Allen-Gale -mallin avulla huomattiin, että mikäli likviditeettitarpeet ovat alun perin ennustettu keskimäärin oikein eli yllättävää shokkia ei tule, niin kaikki rakenteet toimivat yhtä hyvin. Lisäksi epätäydellisessä rakenteessa tappiot kasautuvat, jolloin kahden alueen konkurssi tarkoittaa, että kaikki muutkin alueet joutuvat konkurssiin. Pieni shokki voi oikeissa olosuhteissa kasautumisen seurauksena kaataa koko pankkijärjestelmän.

Freixas-Parigi-Rochet -mallin mukaan toimivan pankkien välisen markkinan avulla voidaan pitää entistä suurempi osuus varoista hyvin tuottavissa sijoituksissa käteisen sijaan. Tämä järjestelmä on kuitenkin riskisempi, kuin pelkkään käteiseen pohjautuva järjestelmä.

Tästä voidaan päätellä, että pankkien välisessä lainamarkkinassa on hyvät ja huonot puolensa. Pankkien välisen lainamarkkinan rajaaminen, esimerkiksi maantieteellisesti, voi estää kriisien tarttumista, mutta silloin normaalien shokkien vastaanottaminen likviditeetin tasaamisella pankkien välillä käy hankalammaksi. Tällöin varojen tehokas ohjautuminen tuottaviin investointeihin voi kärsiä. Kyseessä on eräänlainen trade off -tilanne.

Järjestelmä vakautuu kun pankkien purskurit kasvavat, epälikvidien sijoitusten määrää pankin taseessa rajoitetaan ja muihin pankkeihin tehtävien talletusten määrää pienennetään. Myös pankkien välisten yhteyksien hajautuneisuus vakauttaa järjestelmää. Nämä ovat niitä asioita joita viranomaiset nykyään myös valvovat ja seuraavat. Tutkielmassa esiteltyjen teorioiden avulla viranomaiset pystyvät mallintamaan ja arvioimaan pankkijärjestelmässä olevia systemaattisia riskejä, jotka ovat peräisin mahdollisen kriisin tarttumisesta.

Tätä tutkielmaa voisi laajentaa ottamalla mukaan luvussa 3 mainittuja uudempia tutkimuksia. Myös teorian soveltaminen käytäntöön ekonometrisen tutkimuksen avulla voisi olla hyvä aihe jatkotutkimukselle. Esimerkiksi luvussa 3 mainitun Kiinassa tehdyn tartuntasimulaation kaltaisen tutkimuksen tekeminen Suomessa voisi olla mahdollista. Tämä tutkielma antaa näille jatkotutkimuksille hyvän teoriapohjan.

Lähteet

- Allen, F. & Carletti, E. (2013). What Is Systemic Risk? *Journal of Money, Credit and Banking* 42 (1): 121-127.
- Allen, F. & Gale, D. (1998). Optimal financial crises. *Journal of Finance* 53 (4): 1245-1284.
- Allen, F. & Gale, D. (2000). Financial contagion. *Journal of Political Economy* 108: 1-33.
- Allen, F., Babus, A. & Carletti, E. (2009). Financial Crises: Theory and Evidence. *Annual Review of Financial Economics* (1): 97–116.
- Allen, F., Babus, A., & Carletti, E. (2012). Asset Commonality, Debt Maturity and Systemic Risk. *Journal of Financial Economics* (104): 519–34.
- Bhattacharya, S., & Gale, D. (1987). Preference shocks, liquidity and central bank policy. In *New approaches to monetary economies*, ed. W. Barnett and K. Singleton. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chi X., Yang L., Gang-Jin W. & Yan X. (2016). The Stability of Interbank Market Network: A Perspective on Contagion and Risk Sharing. *Hindawi Publishing Corporation*.
- De Bandt, O. & Hartmann, P. (2002). Systemic risk in banking: A survey. In *Financial crises, contagion and the lender of last resort*, ed. C. Goodhart and G. Illing. London: Oxford University Press.
- Diamond, D.W., & Dybvig, P.H. (1983). Bank runs, deposit insurance, and liquidity. *Journal of Political Economy* 91 (3): 401-419.
- Freixas, X. & Rochet, J. (2008). *Microeconomics of banking*, The MIT Press, 233-234.
- Freixas, X., B. Parigi, & J.C. Rochet. (2000). Systemic risk, interbank relations, and liquidity provision by the central bank. *Journal of Money, Credit and Banking* 32 (2): 611-638.
- Ibragimov, R., Jaffee, D., & Walden, J. (2011). Diversification Disasters. *Journal of Financial Economics* (99): 333–48.
- Wagner, W. (2010). Diversification at Financial Institutions and Systemic Crises. *Journal of Financial Intermediation* (19): 333–54.